K. KOSTANECKI.

DIE BEFRUCHTUNG DES EIES VON MYZOSTOMA GLABRUM.

Mit zwei Tafeln.

Aus dem anatomischen Institut der Jagellonischen Universität
in Krakau.

Die Befruchtung
des
Eies von Myzostoma glabrum.

Von

K. Kostanecki.

Mit zwei Tafeln.

Bonn 1898

Sonder-Abdruck aus dem Archiv für mikroskopische Anatomie
und Entwicklungsgeschichte Bd. 51

Verlag von Friedrich Cohen.

(Aus dem anatomischen Institut der Jagellonischen Universität in Krakau.)

Die Befruchtung des Eies von Myzostoma glabrum [1]).

Von

K. Kostanecki.

Hierzu Tafel XVIII u. XIX.

Bekanntlich hat Boveri auf Grund ausgedehnter eigener Untersuchungen und auf Grund von Beobachtungen anderer Autoren den Satz aufgestellt, dass die Polkörperchen der ersten Furchungsspindel ausschliesslich von dem durch das Spermatozoon eingeführten Centrosoma abstammen, während das Eicentrosoma nach Ausstossung des II. Richtungskörpers zu Grunde geht.

Dieser Anschauung ist die überwiegende Mehrzahl der Autoren, welche seitdem den Befruchtungsprocess bei den verschiedensten Thieren beobachtet haben, beigetreten und hat sie durch ganz unzweideutige Beobachtungen bestätigt. Von Zeit zu Zeit tauchen indessen Beobachtungen auf, die dieser Regel ihre allgemeine Gültigkeit zu nehmen bestimmt sind.

So beschrieb 1891 Fol seine bekannte „quadrille des centres", wonach das Sperma- und Eicentrosoma sich in zwei Theile theilen, die Theilhälften verschiedenen Geschlechts sich dann einander nähern und miteinander vereinigen sollten, so dass jedes der beiden Centrosomen der ersten Furchungsspindel zur Hälfte vom Sperma-, zur andern Hälfte vom Eicentrosoma stammen würde.

Bekanntlich erwies sich die Fol'sche Beschreibung als irrthümlich (Boveri, Reinke, Wilson und Mathews, Kostanecki, Hill, vom Rath). Ohne jeden Zweifel gilt dasselbe für die unter dem Eindruck der Fol'schen Publication erschienenen Angaben von Guignard für Lilium Martagon, von

1) Vorgetragen in der Sitzung der mathem.-naturw. Klasse der polnischen Akademie der Wissenschaften in Krakau am 5. Juli 1897.

Conklin für Crepidula plana, Blanc für die Forelle, und auch van der Stricht's Schilderung des Befruchtungsprocesses bei Amphioxus lanceolatus dürfte kaum verhindern, dass die „quadrille des centres“ endgiltig zu Grabe getragen werde[1]).

Aber der Feststellung einer für das ganze Thierreich geltenden Einheitlichkeit bezüglich der Herkunft der Centrosomen der ersten Furchungsspindel steht eine andere Beobachtung im Wege, seitdem Wheeler[2]) für Myzostoma glabrum angegeben hat, dass dort eine Spermastrahlung und ein Sperma-Centrosoma vollkommen fehlen soll, und dass die beiden Strahlensysteme der ersten Furchungsspindel sammt den beiden Polkörperchen lediglich vom Ei (durch Theilung des nach Ausstossung des II. Richtungskörpers im Ei zurückbleibenden Centrosoma sammt seiner Strahlung) stammen. Die Wheeler'sche Arbeit musste überall das grösste Aufsehen hervorrufen. Eine Nachuntersuchung seiner Ergebnisse schien mir desto dringender geboten, als die Arbeit van der Stricht's[3]) wiederum ähnliche Vorgänge an dem Ei von

---

1) Sobotta (Die Reifung und Befruchtung des Wirbelthiereies, Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1896), der dasselbe Objekt untersucht hat, schreibt darüber: „Ich sehe nur am Spermakern eine Sphäre und leite die später am Furchungskern sich findenden sehr deutlichen Sphären von dieser allein ab (sowohl auf Grund direkter Beobachtungen wie aus der Analogie der Vorgänge bei anderen Thieren). Van der Stricht schreibt jedem der beiden Vorkerne eine Sphäre zu und glaubt (durch eine vollständige direkte Beobachtungsreihe konnte das nicht festgestellt werden), dass beide sich theilen und nach Art der Fol'schen Centrenquadrille d. h. durch nachherige Vereinigung ungleich geschlechtlicher Theilstücke die Sphären des ersten Furchungskerns und der ersten Furchungsspindel liefern. Ich glaube, dass diese Deutung van der Stricht's nichts weniger als glücklich ist; ist doch die Fol'sche Hypothese im verflossenen Jahre so zu Grabe getragen worden, dass sie für immer als beseitigt gelten kann. Die Verhältnisse liegen bei Amphioxus ungünstig; und das Material ist schwierig; aber trotzdem muss gesagt werden, dass alles, was sich mit Sicherbeit eruiren lässt, gegen eine Centrenquadrille spricht.“

2) The behavior of the centrosomes in the fertilized egg of Myzostoma glabrum, Leuckart, Journal of Morphology X, Nr. 1, January 1895.

3) La maturation et la fécondation de l'oeuf „Thysanozoon Brocchi“. Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Carthage, 1896.

Thysanozoon Brocchi feststellt: „Jamais il ne nous a été donné d'observer un spermocentre distinct de l'ovocentre“ . . . . . „Chez le Thysanozoon il ne peut être question d'un quadrille. Il existe ici manifestement un ovocentre unique. A un moment donné de la fécondation, il est attenant d'un côté au pronucleus femelle et d'un autre côté au pronucleus mâle“. Der einzige Unterschied würde hier lediglich darin bestehen, dass aus dem Spermakern ein Kernkörperchen auswandern und sich in die Sphäre des Eikerns begeben soll; dieses Kernkörperchen betrachtet van der Stricht als „un corpuscule ayant la valeur d'un spermocentre“. Van der Stricht glaubt auf Grund hiervon: „il faut admettre que les deux centres mâles et femelles se fusionnent à l'intérieur de cette sphère“. Im Gegensatz zu der Fol'schen Quadrille „Chez le Thysanozoon, il y a d'abord fusion et la division s'opère plus tard.“ Ich will mir über die van der Stricht'sche Arbeit kein Urtheil erlauben, bevor seine ausführliche Publication mit entsprechenden Zeichnungen erschienen ist, doch kann ich nicht verhehlen, dass ich sehr starke Zweifel gegen seine Darstellung nicht unterdrücken kann.

Einstweilen benutzte ich den Aufenthalt an der zoologischen Station in Neapel in den Monaten März und April 1897, um die Befruchtung des Eis von Myzostoma glabrum zu bearbeiten.

Die künstlich befruchteten Eier wurden in verschiedenen Zeitabständen fixirt, und zwar vermittelst Sublimat, Sublimat-Alcohol āā mit Zusatz von Essigsäure oder Salpetersäure, in Salpetersäure sowie in Perennyi'scher Flüssigkeit und in Boveris Pikrin-Essigsäure. Wie es sich späterhin erwies, gab die Perennyi'sche Flüssigkeit die besten Resultate. Sowohl die Erhaltung der Gestalt der Eier als Ganzes, sowie die achromatischen Structuren traten hier in vollendetster Weise hervor. Gleichfalls schöne, wenn auch nicht immer, selbst in derselben Schnittserie, gleichmässig gute Bilder gab die Fixirung in 3% Salpetersäure. Die Eier wurden sodann in Alcohol von steigender Concentration, in Alcohol-Chloroform, Chloroform, Chloroform-Paraffin übergeführt und schliesslich vorsichtig (!) in Paraffin eingebettet, in 5 μ dicke Schnitte zerlegt, sodann vorwiegend nach M. Heidenhain mit Eisen-Hämatoxylin gefärbt, zum grössten Theil mit vorhergehender Bordeaux-Vorfärbung.

Wie aus der Wheeler'schen Arbeit bekannt ist, verläuft

beim Ei von Myzostoma glabrum der eigentliche Befruchtungsprocess gleichzeitig mit den Reifungsvorgängen, indem die Ausstossung der Richtungskörper erst nach Eindringen des Samenfadens beginnt.

Meine Beobachtungen bezüglich der Reifungserscheinungen stimmen in allen wesentlichen Punkten mit Wheeler's Schilderung überein. Der ganze Verlauf der beiden Richtungsmitosen spielt sich hier mit einer so unendlichen Klarheit der achromatischen Figuren ab, dass man sich kein ideelleres Schema dieser mitotischen Figuren denken kann (Fig. 1—12). Ich habe diese Bilder mit desto grösserer Befriedigung betrachtet, als sie — abgesehen von der Grösse der Eier und einigen nebensächlichen Eigenthümlichkeiten in dem Verhalten der deutoplasmatischen Massen — sich in jeder Beziehung an die Verhältnisse bei Physa fontinalis anlehnen und in einigen Punkten noch eine Ergänzung meiner diesbezüglichen Beobachtungen liefern. Diese Ergänzungen beziehen sich vor allem auf die ersten Anfänge der Mitose.

Der eingedrungene Samenfaden gibt dem Ei Anstoss zum sofortigen Beginn der Richtungsmitose. An einer Seite des colossalen kugelrunden Keimbläschens erscheinen zwei dicht beieinander liegende kleine Centrosomen mit zarter, auf die beiden Centra gerichteter Strahlung. Das früheste Stadium, das ich beobachtet habe, ist jünger als das in Wheeler's Fig. 1 dargestellte. Die beiden Centrosomen liegen noch sehr nahe beieinander und auch — darauf möchte ich besonderen Nachdruck legen — sehr nahe an der Kernmembran. Sobald die beiden Centrosomen sich nur einigermaassen voneinander entfernen, erscheint in ihrem ganzen Umkreis eine wunderschöne Strahlung; die Fibrillen sind von einer ausserordentlichen Feinheit und Zartheit und geben ein Gesammtbild, dessen Schönheit die Zeichnungen kaum wiederzugeben im Stande sind. Ein Theil derselben, die Polstrahlen, breiten sich in der feinkörnigen, das colossale Keimbläschen wie mit einer Hülle umgebenden Plasmamasse aus und sind, wenn die Prophasen weiter vorgeschritten sind, bis in die feinkörnige Masse zwischen den die peripheren Zelltheile einnehmenden Vacuolen (hyalinen Kugeln) zu verfolgen. Ein grosser Theil ist gegen den Kern gerichtet und veranlasst an dieser Stelle einen Schwund der Kernmembran, so dass die einzelnen Strahlen sich in dem Kerninnern ausbreiten (Fig. 1—3). Zwischen den beiden Centrosomen ist eine äusserst deutliche, an Umfang immer zunehmende Cen-

tralspindel zu sehen. Die Fig. 2, 4, 5 geben ein sehr schönes Bild davon, das dadurch gewonnen ist, dass der Schnitt tangential gefallen ist und zwar in der Weise, dass die ganze sich entwickelnde achromatische Figur getroffen ist. Bemerkenswerth ist, dass die Centrosomen auch bei ihrer weiteren Entfernung voneinander eine solche Lage im Verhältniss zum Mittelpunkt des Keimbläschens beibehalten, dass, wenn man sich die hier in Folge der Entwicklung der Strahlen geschwundene Kernmembran vervollständigt denkt, die Centrosomen in die Kreislinie der Kernmembran selbst oder doch sehr nahe derselben fallen würden.

Wenn die Kernmembran völlig geschwunden ist, und die Centrosomen die definitive Lage eingenommen haben, nimmt die erste Richtungsspindel das Centrum der Eikugel ein. Sie liegt mit ihrer schön ausgeprägten, wenn auch äusserst zarten Strahlung in einer feinkörnigen Plasmenmasse, während der periphere Theil der Zelle von den grossen hyalinen Kugeln erfüllt ist. An der Polstrahlung bemerkt man eine äusserst ausgeprägte, typische Durchkreuzung der beiderseitigen Strahlensysteme. Die körnige Masse, welche den centralen Theil einnimmt, hat dadurch zugenommen, dass mit der das Keimbläschen umgebenden körnigen Plasmaschicht sich die ganze, das kolossale Keimbläschen erfüllende und ihre Chromosomen umgebende Substanz vermengt hat. Mit dieser Substanz ist auch, wie bereits Wheeler genauer beschrieben hat, das colossale Kernkörperchen in die feinkörnige Plasmamasse hineingerathen.

Aus der ventralen Lage rückt nun die erste Richtungsspindel gegen die Eioberfläche hinauf. Von diesem Augenblick an stimmen die genaueren Vorgänge der beiden Richtungsmitosen bis zu ihrem definitiven Abschluss in allen Einzelheiten so sehr mit den von mir an der Physe beobachteten Thatsachen überein, dass ich wörtlich die daselbst gegebene Beschreibung hier wiederholen könnte (vergl. Fig. 6—12). Diese Analogie betrifft auch die subtilsten Vorgänge, also das allmähliche Emporrücken der Richtungsspindel gegen die Oberfläche, die allmähliche Aufhebung der Durchkreuzung der Polstrahlung, so dass schliesslich der Richtungspol vollkommen der Strahlen zu entbehren scheint. Während der Abschnürung bildet sich ein deutlicher Zwischenkörper aus dem differenzirten äquatorialen Theil der Centralspindelfasern. Die zweite Richtungsspindel, welche sich Anfangs ganz wie bei der Physe oberfläch-

lich zu bilden beginnt (Fig. 9), senkt sich sodann in die Tiefe (Fig. 10), um dann von neuem gegen die Oberfläche emporgehoben zu werden (Fig. 11). Auch hier entsteht sodann ein deutlicher Zwischenkörper, der sich noch einige Zeit nach Abschnürung des II. Richtungskörpers erhält.

Sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Richtungsspindel findet man sehr oft die Centrosomen doppelt, und zwar sowohl an dem Richtungspol als auch an dem in der Eizelle verbleibenden Pol. Besonders hervorheben möchte ich dies für den nach Abschnürung des II. Richtungskörpers in der Eizelle verbleibenden inneren Pol, und ich möchte betonen, dass ich die gleiche Thatsache für Physa beschrieben habe, woselbst ich hierüber bemerkt habe: „Da das Ei selbständig keine weitere Theilung durchmacht, so hat diese Zweitheilung des Centrosoma keine practische Verwendung, da ja, wie wir weiter sehen werden, die Polkörper der zukünftigen karyokinetischen Figur nach der Befruchtung, also der ersten Furchungsspindel, lediglich vom Samenfaden herrühren. Das bei der Ausstossung der beiden Richtungskörper in rascher Thätigkeit begriffene Ei weist hier also ein Uebermaass an Leistung auf, es schickte sich zu einer neuen Theilung an, die aber sofort unterdrückt wurde.“ Wie wir unten sehen werden, spielt dieser Umstand in der Wheeler'schen Deutung des Befruchtungsprozesses bei Myzostoma glabrum eine wichtige Rolle.

Ein wesentlicher Unterschied der Physa gegenüber besteht nur in dem Verhalten der deutoplasmatischen Massen. Die grossen hyalinen Kugeln (Vacuolen) sind hier von Anfang an vorhanden und sind gegen die Peripherie verschoben, das Innere der Eizelle wird von einer feinkörnigen Plasmamasse eingenommen. Zwischen den grossen hyalinen Kugeln und der Grenzschicht des Protoplasma befindet sich noch eine Schicht körniger Plasmamasse, in der grössere Körner gelegen sind, die sich Farbstoffen gegenüber anders verhalten, indem sie dieselben gewöhnlich viel stärker festhalten (vergl. Näheres unten).

Ich möchte noch darauf aufmerksam machen, dass sehr häufig eine Zweitheilung des ersten Richtungskörpers eintritt, so dass im ganzen 3 Richtungskörper dem Ei anliegen und gewöhnlich eine Einbuchtung an seinem animalen Pol veranlassen, da sie durch die sehr eng anliegende, zarte, aber offenbar feste Ei-

membran gegen das Ei gedrückt werden. In Schnitten sind gewöhnlich nur 2 von den Richtungskörpern zu sehen, erst an Serienschnitten überzeugt man sich von ihrer 3-Zahl.

Ich gebe hier in Fig. 1—12 einige Bilder von den Richtungsmitosen bei Myzostoma, obgleich ich mich auf die in der Physa-Arbeit enthaltenen Figuren berufen könnte und nur hervorzuheben brauchte, dass meine Figuren eine Bestätigung der Bilder Wheeler's geben. Ich thue dies hauptsächlich deshalb, um ein Bild von dem Erhaltungszustande meiner Präparate zu geben, um dann späterhin, wo ich den Ansichten Wheeler's werde entgegentreten müssen, ein grösseres Vertrauen für meine Beobachtungen in Anspruch nehmen zu können.

Die Befruchtung.

Der Samenfaden dringt, wie aus Wheeler's Arbeit bekannt, und wie ich bestätigen kann, in toto, also mit seiner ganzen langen Geissel in die Eizelle ein. Dies ist, was die Befruchtung betrifft, die einzige Aehnlichkeit mit der Physe. Im weiteren Verlauf verhält sich der Samenfaden ganz anders als bei der Physe. Der lange schlanke Spermakopf verkürzt sich und rundet sich, wenn auch sehr langsam, ab, so dass erst während der zweiten Richtungsmitose ein runder compacter Spermakern zu sehen ist. Die Geissel, welche sich anfangs sehr intensiv färbt, verschwindet allmählich. Die Lage des Spermakerns ist im Verhältniss zur Richtungsspindel eine verschiedene, wenn er auch stets dem vegativen Pol mehr genähert ist. Wenn nach Abschnürung des II. Richtungskörpers der Eikern sich bläschenförmig umzugestalten beginnt, fängt die gleiche Umwandlung auch am Spermakern an, und zwar verläuft der Umwandlungsprozess an beiden Kernen gleichzeitig, so dass sie als gleichmässig grosse und gleich structurirte Blasen erscheinen, durch ihre Lage im Verhältniss zu den Richtungskörpern aber stets deutlich zu unterscheiden sind (Fig. 13—17). Während dessen senkt sich der Eikern etwas in die Tiefe, während der Spermakern einen längeren Weg zurücklegt und gegen ihn emporrückt, so dass die beiden Geschlechtskerne, wenn sie einander sich genähert haben, immer dem animalen Pol näher gelegen sind (Fig. 17). Die beiden Geschlechtskerne liegen schliesslich einander nahe an, öfters habe ich eine Verschmelzung derselben beobachtet, jedoch derart, dass

sie nur mit ihren Berührungsflächen verwachsen waren und eine 8-Form zeigten (Fig. 19), niemals aber eine einzige grosse gemeinsame kugelige Kernblase bildeten. Wenn sich die Kernbläschen einander auf einen geringen Abstand genähert haben, erscheint zwischen ihnen eine, gewöhnlich doppelte Strahlenfigur (Fig. 17), ein deutlicher Strahlenkranz, dessen unendilch zarte Fibrillen sich in der dichten körnigen Masse verlieren, im Mittelpunkt der Strahlenfigur sieht man deutliche Centrosomen. Die beiden Strahlenkugeln rücken auseinander, nehmen ihre Stellung zu beiden Seiten und in gleicher Entfernung von den beiden Kernblasen in der Copulationsebene ein (Fig. 19), worauf dann die Mitose der ersten embryonalen Zelle in typischer Form sich weiter vollzieht. Die Kernmembran der beiden Geschlechtskerne schwindet (Fig. 20), und es bildet sich sodann eine einheitliche Furchungsspindel mit deutlichen Centrosomen an den beiden Polen (Fig. 21).

Die Herkunft dieser zwischen den beiden Geschlechtskernen auftretenden Strahlung sammt ihren Centrosomen war der Hauptgegenstand der Untersuchung. Wheeler leitet sie von dem Centrosoma und „Archoplasma", welches nach Ausstossung des zweiten Richtungskörpers am inneren Pol in der Eizelle verblieben ist, ab. Er stützt diese Auffassung auf folgende Thatsachen: „I have never been able to find any traces of such archoplasm or any centrosome in connection with de male pronucleus." Sodann sagt er: „In many eggs of this stage I have looked in vain for any traces of archoplasm or centrosome, but whenever these structures could be brought out by means of the iron-alum haematoxylin, they were abways close to the female pronucleus and at some distance from the male." Er schliesst dann: „The above observations on Myzostoma are of a nature to restrict the generalizations which the papers of Fol, Guignard, and Conklin have called forth. In Myzostoma there is every reason to believe that the female pronucleus alone is provided with centrosomes, and that only these enter into the formation of the first cleavage spindle. On the other hand, Mr. Mead's studies on the egg of Chaetopterus show that it is the male pronucleus alone which furnishes the centrosomes. I regard Mr. Mead's observations as more satisfactory than my own, for the reason that in the Annelid both the centrosomes and their enor-

mous radiations persist and may be followed continuously throughout the whole period of fecundation and even throughout cleavage, whereas in Myzostoma there is a stage preceding the meeting of the pronuclei, when it is extremely difficult or even impossible to make out the structures in question.“

Auf die letzte Bemerkung möchte ich mit besonderem Nachdruck hinweisen; die Analyse der complicirten Bilder, welche uns bei Myzostoma glabrum entgegentreten, ist in der That eine ungemein schwierige. Von den Figuren, welche Wheeler in seiner Arbeit bringt, kommen zur Entscheidung der Frage lediglich die Fig. 5, 6, 7 und 8 in Betracht. Die Figuren machen in ihrer Aufeinanderfolge auf den ersten Blick einen durchaus überzeugenden Eindruck und scheinen unzweideutig dafür zu sprechen, dass die Centrosomen und das „Archoplasma“ mit dem Eikern gegen den Spermakern hinwandern. Die Fig. 8, die einzige, wo man wegen der deutlichen Strahlung sicher sein kann, unzweideutige Centrosomen vor Augen zu haben, spricht aber bei genauerer Betrachtung meiner Ansicht nach gegen Wheeler's Deutung. Wenn aus der Lage der beiden Strahlenfiguren und ihrer Centrosomen auf ihre Zugehörigkeit zu einem der beiden Geschlechtskerne geschlossen werden darf, so weisen sie viel engere Beziehungen zu dem Spermakern, als zu dem Eikern auf; die eine Strahlensonne dringt bereits gegen das Innere des Spermakerns vor, während die zweite die Mitte zwischen dem Spermakern und dem Eikern einnimmt. Bei der Fig. 7 drängt sich ebenfalls das Bedenken auf, dass der protoplasmatische Hof mit den darin gezeichneten Centrosomen, falls es sich wirklich um Centrosomen handelt, ebensowohl mit dem Eikern, wie mit dem Spermakern an seinen Bestimmungsort hingelangt sein kann.

Was aber die Fig. 5 und 6 betrifft, so wird ihre Beweiskraft sofort bedeutend sinken, wenn man bedenkt, dass der ganze mittlere Theil des Zellleibes nach Innen von den Vacuolen, welchen Wheeler um das „Archoplasma“ und die Centrosomen frei lässt, von der gleichen dichten, feinkörnigen Masse erfüllt ist. Es werden sofort Zweifel wach, ob die beiden kleinen Körnchen ohne jede Spur von Strahlung wirklich als Centrosomen gedeutet werden dürfen; und ich kenne kein Criterium, auf Grund dessen man entscheiden könnte, dass die körnige Masse im Umkreis der beiden kleinen, von Wheeler als Centrosomen beschrie-

benen Körnchen, das „Archoplasma“ vorstellt, die in dem weiteren peripheren Theil gelegene körnige Masse dagegen einfache Deutoplasmamasse ist.

Ich habe die Umgebung des Eikerns nach Ausstossung des II. Richtungskörpers mit der grössten Aufmerksamkeit studirt und bin zu dem Resultat gekommen, dass die Verhältnisse sich wiederum in allem an die Vorgänge bei Physa fontinalis anschliessen. Die Strahlung, welche anfänglich um das in der Eizelle verbleibende Centrosoma in mächtiger Entwicklung zu sehen ist, bildet sich allmählich zurück, die Strahlen sind auf immer kürzere Strecken zu verfolgen, werden zarter und weniger färbbar; diese Rückbildung geschieht aber ganz langsam und allmählich, an Kernen, die bereits Bläschenform angenommen haben, sind noch eine Zeit lang Spuren der anfänglichen Strahlung zu sehen, was indessen mehr durch die Beibehaltung der radiären Anordnung der Dotterkörnchen, als durch Fortbestehen der eigentlichen Strahlen zum Ausdruck kommt. Während des Uebergangs zur Bläschenform ist der Eikern nicht sofort von kugeliger Gestalt, der er sich gewöhnlich gegen Ende nähert, sondern seine Contouren sind etwas eingebuchtet; ganz ähnlich wie bei der Physe, sieht man die Strahlung gewöhnlich gegen eine Kernbucht gerichtet, so dass die Vermuthung nahe liegt, dass hier das Centrosoma hineingerathen ist (vgl. auch Physa-Arbeit). Ich habe öfters die Ueberreste der Strahlung nicht an der dem Eicentrum zugekehrten Seite des Eikerns gefunden, sondern etwas seitwärts gelegen, wiederum ganz wie bei der Physe. Während nun weiterhin die Kernblase zu bedeutenderer Grösse anwächst, schwindet die Strahlung vollständig spurlos, ein Centrosoma sehe ich nicht mehr, so dass schliesslich ein Zustand resultirt, wo der Eikern nur von der körnigen Plasmamasse umgeben ist (Fig. 13—16). Dass man bisweilen versucht sein kann, ein oder zwei kleine Körnchen für Centrosomen zu halten, ist leicht verständlich, doch würde ich es nicht wagen, ein Körnchen ohne Strahlung dafür zu erklären. Wenn die beiden Geschlechtskerne zu grösseren Blasen angewachsen sind und von einander noch bedeutender entfernt sind, sieht man gewöhnlich die beiden Geschlechtskerne nur durch eine gleichmässig körnige Plasmamasse von einander geschieden (Fig. 13).

Wenn nun nach Annäherung der beiden Geschlechtskerne

plötzlich zwischen ihnen eine Strahlenfigur mit Centrosomen erscheint, so kann dieselbe von doppelter Herkunft sein: Entweder ist sie die zeitweise unterdrückte Strahlung des Eikerns, die von Neuem in Action tritt, oder aber sie kann von dem Samenfaden eingeführt sein, nur dass sie bis dahin latent war. Wheeler entscheidet sich für die erste Möglichkeit, wenn er auch den hypothetischen Charakter seiner Ansicht betont, und spricht sich gegen die zweite Möglichkeit aus. Er begründet letzteres damit: „I have never been able to find any traces of such archoplasm or any centrosome in connection with the male pronucleus."

Die Wheeler'sche Beobachtung und ihre Deutung bringt keine für die Befruchtungslehre ganz neue Thatsache und auch keine neue Hypothese, es taucht hier vielmehr eine längst widerlegte Annahme auf. Es liegt bei Myzostoma der Fall vor, dass während der Annäherung der Geschlechtskerne eine deutliche Strahlung, die den Ursprung der Strahlung der Furchungsspindel bildete, fehlt, und dass sie sich erst nach Annäherung der Geschlechtskerne entwickelt. Dieser Fall steht nicht vereinzelt da: Verhältnisse, welche auf die Beurtheilung des Befruchtungsprocesses bei Myzostoma einiges Licht werfen können, beschreibt Sobotta bei der Maus: Sobotta sagt, er habe den aufgequollenen Samenfadenkopf „nicht selten beobachtet und einigemale auch an seinem hinteren Ende ein kleines Centrosoma mit einer zarten Strahlung. Der Samenfaden scheint auch hier eine Drehung zu machen und liegt schon sehr bald nach seinem Eindringen schräg zur Eioberfläche. Dann geht er in einen kleinen runden Kern, den männlichen Vorkern über, den auch van Beneden beim Kaninchen in diesem Stadium schon sah. Ein Centrosoma oder eine Strahlung habe ich dann an ihm nicht mehr wahrgenommen." An einer anderen Stelle sagt er: „Das Centrosoma des Spermatozoenkopfes ist jetzt nicht mehr zu entdecken, anscheinend ist dasselbe in die Bildung des Spermakerns spurlos aufgegangen und entzieht sich so der Beobachtung." Dann bemerkt er: „Strahlungen oder Sphären sind an den ruhenden Kernen bisher noch von Niemand constatirt worden." Erst fürs Knäuelstadium beschreibt er: „In einigen Fällen wurde jetzt schon zwischen beiden Kernen ein, wenn auch undeutliches, Centrosoma bemerkt."

Dieses Centrosoma leitet natürlich Sobotta von dem Spermatozoon ab.

Bis zu einem gewissen Grade ähnliche Verhältnisse liegen bei dem mir aus eigener Anschauung gut bekannten Objekt, Ascaris megalocephala vor, wo dem Spermakern nur ein protoplasmatischer körniger Hof, aber keine Strahlung vorangeht — der protoplasmatische Hof ist deswegen nur bei Ascaris so deutlich wahrzunehmen, weil der ganze übrige Theil des Zellleibes von den grossen hellen Vacuolen (hyalinen Kugeln) erfüllt ist. Van Beneden und Herla haben gerade für Ascaris die Ansicht ausgesprochen, dass die Centrosomen der ersten Furchungsspindel dem Ei entstammen — erst neuere Färbungsmittel haben gezeigt, dass mitten in dem, dem Spermatozoon vorangehenden protoplasmatischen Hof ein Centrosoma nachzuweisen ist. Bei Myzostoma liegt die Sache noch schwieriger. Ein besonderer protoplasmamatischer Hof lässt sich deswegen nicht nachweisen, weil der Hauptteil des Zellleibes von einer gleichmässigen körnigen Masse eingenommen wird. Dass es hier aber schwer ist, das Spermacentrosoma nachzuweisen, hat seinen Grund darin, dass der Samenfaden in die körnige Masse zu liegen kommt, und dass das Centrosoma von den Körnchen verdeckt wird.

Dies wird um so einleuchtender, wenn man die Gestalt und die Lage des Samenfadens im Ei bedenkt. Der Samenfaden dringt bei Myzostoma ins Ei in toto ein, also sein langer aus einzelnen Spermatomeriten[1]) zusammengesetzter Kopf und seine lange Geissel. Die Theile liegen nicht in einer Ebene, sondern geschlängelt, in Farbstoffen nimmt die Geissel eine intensive Farbe an, nach der

1) Der Samenfadenkopf von Myzostoma weist eine deutliche Zusammensetzung aus einer Reihe von chromatischen Elementen auf, die durch hellere Substanzstreifen verbunden sind. Einen Zerfall des Spermakerns in einzelne Meriten sahen verschiedene Autoren (Boehm, Rückert, Kupffer, Agassiz und Whitmann) nach Eintritt in die Eizelle. Bei Myzostoma wird, ganz im Gegensatz hierzu, die Meritenstructur undeutlich, nachdem das Spermatozoon ins Ei eingedrungen ist. Ein Centrosoma lässt sich an dem feinen Samenfaden von Myzostoma nicht nachweisen. Ich vermuthe, dass dies darin seinen Grund hat, dass dasselbe dem Chromatin unmittelbar anliegen dürfte, vielleicht von demselben sogar völlig umgeben wird, wie dies thatsächlich einige Autoren für die Samenfäden einiger Thiere durch direkte Beobachtung während der Spermatogenese festgestellt haben (vergl. Godlewski: Weitere Untersuchungen über die Umwandlungsweise der Spermatiden in Spermatozoen bei Helix pomatia. Anzeiger der polnischen Akademie der Wissenschaften in Krakau, November 1897.

Heidenhain'schen Methode färbt sie sich anfangs ebenso intensiv, wie der Spermakopf selbst. Aus diesen Gründen stellt sich von vornherein für den, der dies Objekt aus eigner Anschauung kennt, das Suchen nach dem Spermacentrosoma als aussichtslos dar.

Sodann ist es eine Eigenthümlichkeit von Myzostoma, dass die Centrosomen ausserordentlich nahe der Kernmembran anliegen. Ich habe dies oben für die Prophasen der Richtungsmitose besonders betont. Es scheint mir, dass das gleiche für den Spermakern und sein Centrosoma gilt. Am Keimbläschen war das Centrosoma oder vielmehr die Centrosomen erst von dem Augenblicke an zu sehen, wo die Strahlung in der Umgebung sich auszuprägen begann, es wird daher Niemanden Wunder nehmen, dass man am Spermakern, falls das Centrosoma ihm dicht anliegt, oder vielleicht in ihm selbst gelegen ist, vergebens darnach suchen wird.

Wäre es aber auch ganz unmöglich, am Spermakern eine Spur von Centrosoma nachzuweisen, so käme für die Entscheidung der Frage nach der Herkunft der Centrosomen der ersten Furchungsspindel zunächst die Analogie mit dem Befruchtungsvorgang bei anderen Thierspecies als maassgebendes Moment in Betracht; die Thatsache, dass für alle anderen Thierspecies festgestellt werden konnte, dass die Centrosomen der ersten Furchungsspindel vom Spermacentrosoma abstammen, spricht von vorne herein für denselben Ursprung auch bei Myzostoma. Für die Annahme einer anderen Abstammung müssten ganz andere Beweise beigebracht werden, als diejenigen, welche uns die Bilder des Befruchtungsvorganges bei Myzostoma zu liefern im Stande sind.

Ein Umstand, der scheinbar für die Herkunft der Centrosomen der ersten Furchungsspindel von dem Eicentrosoma sprechen könnte, und den Wheeler in diesem Sinne deutet, nämlich die Verdoppelung der Centrosomen an dem inneren, im Ei verbliebenen Pol nach Ausstossung des II. Richtungskörpers, würde mir grössere Bedenken eingeflösst haben, wenn ich nicht zufälliger Weise doppelte Centrosomen an diesem Pol, wie oben erwähnt, gerade bei Physa fontinalis gefunden hätte, woselbst doch über ihr Schicksal, über ihren Untergang, kein Zweifel bestehen kann, da ja dort mit der grössten Bestimmtheit sich nachweisen lässt, dass die Centrosomen der ersten Furchungsspindel vom Spermacentrosoma abstammen.

Ich habe aber überdies vereinzelte Bilder bei Myzostoma gesehen, die direkt für die Herkunft der Centrosomen vom Spermatozoon sprachen: Wenn die beiden Geschlechtskerne die Gestalt von grösseren Bläschen angenommen haben, konnte ich an der der Eimitte zugekehrten Seite des Spermakerns bisweilen die Andeutung einer Strahlung sehen, die jedoch mehr durch eine radiäre Anordnung der kleinen Dotterkörnchen zum Ausdruck kam. Die radiär angeordneten Körnchen umgaben ein helleres Feld, in dessen Mitte ein oder zwei kleine Punkte zu sehen waren. Meist lagen diese dunkleren Punkte der Kernmembran unmittelbar an, einige Male sah ich jedoch eine ähnliche Figur in einem, wenn auch ganz geringen Abstande von der Kernmembran (Fig. 14, 15). Das hellere Feld um das einfache oder doppelte Körnchen war meist homogen, bisweilen (Fig. 16) war in ihm eine, allerdings unendlich zarte Andeutung von Strahlung zu sehen. Ich glaube in allen diesen Fällen (Fig. 14, 15, 16) das Spermacentrosoma oder die Spermacentrosomen vor Augen gehabt zu haben, wenn auch in Anbetracht des Umstandes, dass das Hauptcriterium für die Existenz von Centrosomen, nämlich eine d e u t l i c h e Strahlung, hier fehlte, eventuelle Zweifel nicht mit absoluter Sicherheit zurückgewiesen werden können. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle war allerdings keine Spur hiervon zu sehen. Die Präparate lieferten die Bilder, die uns Fig. 13 wiedergiebt; eine gleichmässig körnige Masse füllte den Raum zwischen den beiden Geschlechtskernen aus. Diese Thatsache glaube ich theils auf den Umstand zurückführen zu müssen, dass die dichte körnige Masse in der Mehrzahl der Fälle, namentlich bei weniger günstiger Schnittführung, es erschwert oder sogar unmöglich macht, die subtilen Structuren zu entdecken, zum Theil aber noch auf einen andern Umstand, nämlich auf individuelle Schwankungen. Es ist nämlich aus zahlreichen Beobachtungen (am prägnantesten wohl bei Physa fontinalis) bekannt, dass individuelle Unterschiede an der Spermastrahlung in sehr weiten Grenzen vorkommen können. Wir sehen dort die Spermastrahlung einmal ziemlich nahe an dem Spermakern, ein andermal in ganz bedeutender Entfernung von demselben, einmal mit einfachem Centrosoma im Mittelpunkte, ein andermal dicentrisch, mit zwei weit voneinander entfernten durch eine deutliche Centralspindel verbundenen Centrosomen. Vielleicht

treten bei Myzostoma ähnliche Schwankungen auf, indem einmal das Centrosoma, getheilt oder ungetheilt, sich auf einen kleinen Abstand vom Spermakern entfernen kann und dann leichter zu entdecken ist, ein andermal aber der Kernmembran dicht anliegt und sich der Beobachtung, wie ja stets in solchen Fällen, entzieht und erst nach Annäherung der beiden Geschlechtskerne seine Lage zwischen denselben einnimmt.

Als Endresultat meiner Untersuchung glaube ich feststellen zu können, dass der Boveri'sche Satz, dass die Centrosomen der ersten Furchungsspindel vom Spermacentrosoma herstammen, auch für Myzostoma glabrum gilt, und ich glaube auch, dass über seine allgemeine Giltigkeit für das ganze Thierreich kein Zweifel mehr bestehen dürfte, nachdem die Versuche, Ausnahmen hiervon zu statuiren, gescheitert sind.

Einige Bemerkungen mögen hier noch dem weiteren Fortgang der Karyokinese in dem befruchtetem Ei gewidmet sein:

Nachdem die Centrosomen sammt den Strahlensystemen die beiden entgegengesetzten Spindelpole eingenommen haben, erfolgt die Auflösung der beiden Geschlechtskerne in Chromosomen (Fig. 20), und es bildet sich eine typische schlanke Furchungsspindel. An den Polen der Furchungsspindel sowohl, als auch in den vorhergehenden und unmittelbar nachfolgenden Stadien (Diasterstadium u. s. w.) sehe ich gewöhnlich je ein Centrosoma, nur in ganz vereinzelten Fällen sind sie doppelt. Wheeler zeichnet sie schon sehr früh stets verdoppelt, was ich nicht als Regel betrachten kann. Auch muss ich betonen, dass ich sowohl während der Richtungsmitosen als auch an der Furchungsspindel stets mit der grössten Bestimmtheit die Protoplasmafibrillen bis ans Centrosoma verfolgen und niemals einen hellen Raum zwischen den Centralkörpern und den Strahlen feststellen konnte.

Während der Zweitheilung der Eizelle wird die im Diasterstadium sehr deutlich sichtbare Centralspindel (Fig. 22, 23) im Aequator eingeschnürt und es kommt zur Bildung eines typischen, ausserordentlich deutlichen Zwischenkörpers. Fig. 24 u. 25 stellen Bilder von zwei Präparaten dar, die nach der Heidenhain'schen Methode gefärbt wurden. Man sieht zwischen den beiden ersten Furchungszellen einen intensiv schwarz gefärbten Zwischen-

körper in Gestalt eines der Trennungsfurche entlang laufenden Striches, von dem nach dem Innern der beiden Tochterzellen hin je ein compactes, an dem Präparat roth gefärbtes Bündel von unendlich zarten, aber ungemein deutlichen Fibrillen ausstrahlt, die in der die Kerne umgebenden Plasmamasse sich verlieren.

Das Verhalten der Dentoplasmamassen im Ei von Myzostoma während des Verlaufs der Mitose in der ersten Embryonalzelle ist ein ungemein charakterisches: Driesch[1]) hat an Myzostoma-Eiern, die er in toto untersucht hat, festgestellt, dass, wenn das zunächst eckige Ei sich abgerundet und eine ovale Gestalt angenommen hat, an einem Pole eine dichte, schwärzlich grüne Masse zu sehen ist, welche, scharf abgegrenzt, in die schwach röthlichbraune übrige Eisubstanz vorspringt: „Während der jetzt erfolgenden Reifung geschieht nun die Ausprägung einer seltsamen Bauordnung des Plasmas. Die Richtungskörper entstehen stets an dem der schwärzlichen Plasmamasse, die bei auffallendem Lichte milchweiss erscheint, gegenüber liegenden Pol, und nach diesem zu zieht sich ferner die röthliche Substanz, welche vorher diffus in der Eimasse vertheilt war, zusammen, wie es scheint, vorwiegend oberflächlich gelagert und eine Kalotte, die etwas mehr als $^1/_3$ des Ganzen einnimmt, bildend; die schwarzgrüne (resp. milchige) Masse ist an ihrem Pol verblieben, hat sich aber an ihm etwas ausgebreitet, zwischen der röthlichen und der schwärzlichen Masse lagert endlich ein heller Ring, so dass also drei Zonen mit grösster Deutlichkeit am reifen Ei ausgeprägt erscheinen.“

Dann erfolgt eine Theilung der Zelle unter Herauswölbung des vegetativen Eitheiles, so dass in toto untersucht, scheinbar ein 3-Zellen-Stadium resultirt, „in welchem aber nur die beiden röthlichen Elemente kernhaltige Zellen sind. So weit ich es ermitteln konnte, wird der „Dottersack“ des Myzostomenecies in der That völlig vom kernführenden Eitheil abgeschnürt, doch mag die Verwendung der Schnittmethode immerhin die Existenz eines beschränkten bleibenden Zusammenhanges ergeben. Die beiden echten Zellen des „dreizelligen Stadiums sind von etwas ver-

---

1) Betrachtungen über die Organisation des Eies und ihre Genese. Arch. f. Entwicklungsmechanik der Organismen. IV. Bd., 1 Hft. 1896.

schiedener Grösse und der „Dottersack“ verschmilzt nun mit der grösseren derselben . . . .“

Die von D r i e s c h beschriebenen Bilder sind der äussere Ausdruck dreier schichtweise von innen nach aussen zu und auch in der Längsachse des Eies verschieden angeordneten Substanzen, über deren Verhältniss die Schnitte genaueren Aufschluss geben. Anfangs nimmt die Mitte der Eizelle das colossale Keimbläschen ein, das von einer dünnen körnigen Plasmaschicht umgeben ist, welche nach dem vegetativen Pol in grösserer Menge angesammelt ist. Um diese feinkörnige Masse bilden helle hyaline Kugeln (Vacuolen) eine Hülle, die nach dem vegetativen Pol zu etwas schmäler wird; zwischen der äusseren Grenzschicht des Protoplasma und diesen Vacuolen ist schliesslich noch eine körnige Masse angebracht, die wiederum nach dem animalen (Richtungskörper-) Pol in dickerer, nach dem vegetativen Pol in immer dünnerer Schicht liegt. Diese körnige Masse unterscheidet sich von der den inneren Zelltheil einnehmenden körnigen Masse dadurch, dass in ihr in grösserer Menge stärkere Körner eingelagert sind, die röthlich gefärbt sind und deswegen diese Schicht an frischen Eiern röthlich erscheinen lassen. An fixirten und gefärbten Präparaten sind die Körner durch ihr differentes Verhalten Farbstoffen gegenüber kenntlich, indem sie meist dunkler gefärbt erscheinen, bisweilen in Bordeaux-Eisen-Hämatoxylin eine intensiv schwarze Farbe annehmen, was dem äusseren Zelltheil ein ganz eigenthümliches Gepräge verleiht. Nach Auflösung der Kernmembran des Keimbläschens nimmt die im Innern gelegene feinkörnige Plasmamasse sehr bedeutend dadurch zu, dass der ganze das Innere des Keimbläschens erfüllende körnige Inhalt sich mit ihr vermengt.

Allmählich (vergleiche die Uebergänge in Fig. 11 bis 25) wird nun diese dichte feinkörnige Masse vorwiegend nach dem vegetativen Pol zu verdrängt, die Vacuolen nehmen die seitlichen Zelltheile ein, die die grösseren Körner enthaltende Plasmamasse bildet um dieselben und um den animalen Pol einen Mantel. Alle diese Einzelheiten sind am besten aus den Figuren herauszulesen.

Den von D r i e s c h beschriebenen Theilungsprocess in drei Theile illustriren die Fig. 23, 24 u. 35. Der „Dottersack“ bleibt mit einer Zelle (der grösseren) verbunden, jedoch ist die Verbindungsbrücke anfangs ganz eng, so dass man an Bildern in toto

scheinbar seine Theilung in 3 Zellen vor sich zu haben glaubt, späterhin gleicht sich die den „Dottersack“ von der grösseren Zelle trennenden Furche aus, und es tritt das Stadium ein, wo neben einer kleinen Zelle eine sehr grosse Zelle mit einer an dem vegetativen Pol angesammelten feinkörnigen Plasmamasse zu sehen ist. Die beiden Tochterzellen sind gegeneinander abgeplattet, da die dünne, aber offenbar sehr straffe Eimembran ihre völlige Abrundung verhindert.

Ich habe oben bereits in Einklang mit Wheeler darauf hingewiesen, dass das colossale Kernkörperchen des Keimbläschens nach Auflösung der Kernmembran in die die Chromosomen umgebende Plasmamasse geräth, ohne irgendwelche Beziehungen zur karyokinetischen Spindel zu gewinnen. Während der ganzen Zeit des Verlaufs der Richtungsmitosen ist dasselbe im mittleren Zelltheile zu sehen, es nimmt ganz allmählich an Umfang ab, behält aber gewöhnlich seine rundliche Gestalt; bisweilen sind anstatt eines, zwei Kernkörperchen zu sehen, die wohl aus dem Zerfall des anfänglich einfachen Körperchens entstanden sind. Durch Intensität der Färbung, den Glanz und die runde Gestalt sind die Kernkörperchen deutlich von dem Spermakern zu unterscheiden.

Je mehr nun die Furchungsmitose sich ihrem Ende nähert, und je mehr währenddess die dichte körnige Plasmamasse gegen den vegetativen Pol verdrängt wird, desto mehr sieht man das Kernkörperchen gleichfalls gegen den vegetativen Eipol verschoben werden (Fig. 20, 23). Es geräth schliesslich in den sogen. „Dottersack“ und ist daselbst auch nach erfolgter Theilung stets zu sehen (Fig. 24, 24). Ausser diesem grossen Kernkörperchen, das von dem Keimbläschen des Eies stammt, gerathen in die körnige Plasmamasse noch kleinere, gewöhnlich mehrere, Kernkörperchen, die den fertigen Geschlechtskernen entstammen. Sobald nämlich die Geschlechtskerne zu grösseren Blasen anwachsen, sieht man in ihnen ausser dem chromatischen Gerüst noch mehrere kleine Kernkörperchen, die nach Uebergang der Kerne in's Knäuelstadium und nach Auflösung der Kernmembran ausser Beziehung zur Furchungsspindel bleiben, vielmehr anfangs neben der chromatischen Figur (Fig. 22) zu sehen sind, dann aber im Plasma zerstreut liegen. Da ich öfters gegen Ende der Furchungsmitose und nach erfolgter Zweitheilung in dem Dottersack ausser dem oben er-

wähnten grossen Kernkörperchen noch einige kleinere sehe (Fig. 24), so glaube ich, dass die Kernkörperchen der reifen Geschlechtskerne zum Theil auch in den „Dottersack" gelangen; zum Theil werden sie aber, glaube ich, schon früher aufgelöst.

Die Thatsache, dass die Kernkörperchen in den „Dottersack" gelangen und dort allmählich sich auflösen, lässt, glaube ich, die Vermuthung zu, dass sie dem „Dottersack" Substanzen zuführen, die zur chemischen Umwandlung des Reservematerials behufs nachheriger Verarbeitung desselben dienen sollen.

Unter den vielen Tausenden von Präparaten, die ich durchmustert habe, habe ich im Ganzen in 3 Fällen polysperm, oder vielmehr disperm befruchtete Eier bemerkt. Es waren dies Stadien, wo die Geschlechtskerne die Gestalt von grossen Blasen angenommen hatten; ausser dem an der Lage kenntlichen Eikerne waren zwei grosse Spermakerne zu sehen. Da man während dieses Stadiums auch an monospermen Eiern gewöhnlich vergeblich nach Centrosomen oder Strahlungen des Spermakerns sucht, so ist es nicht wunderbar, dass in diesen Fällen über diese Verhältnisse nichts zu ermitteln war.

Krakau, 1. August 1897.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XVII u. XVIII.

Die Figuren sind mit Zeiss' Apochromat 2 mm 1,30 und Oc. 6 unter Benutzung des Abbe'schen Zeichenapparats entworfen (Projection auf Objecttischhöhe).

Fig. 1. Kernmembran des Keimbläschens in Auflösung begriffen unter dem Einfluss der von einem Pol der Richtungsspindel ausgehenden Strahlen. Seitlich ist ein Stück des Samenfadens zu sehen.

Fig. 2. Zwischen den beiden Polen der ersten Richtungsspindel ist die Centralspindel zu sehen, die Kernmembran in Auflösung begriffen.

Fig. 3. Die beiden Pole der ersten Richtungsspindel weiter von einander entfernt.

Fig. 4. Die ganze achromatische Figur der ersten Richtungsspindel (Centralspindel!). Der Hauptheil des Keimbläschens lag im folgenden Schnitt.

Fig. 5. Die ganze achromatische Figur der ersten Richtungsspindel (Centralspindel!). 6 Chromosomen, colossales Kernkörperchen, der Samenfaden mit Geissel liegt geschlängelt am vegetativen Pol.

Fig. 6. I. Richtungsspindel, der Kopf des Samenfadens ist kürzer und dicker geworden, die Geissel ist intensiv gefärbt.

Fig. 7. I. Richtungsspindel, Samenfaden geschlängelt am vegetativen Pol.

Fig. 8. I. Richtungsspindel, seitlich das colossale Kernkörperchen.

Fig. 9. Anfang der Bildung der II. Richtungsspindel, seitlich das Kernkörperchen, gegen den vegetativen Pol der runde Spermakern.

Fig. 10. II. Richtungsspindel, in der Mitte das Kernkörperchen, seitlich nach oben zu (selten!) der Samenfadenkopf.

Fig. 11. II. Richtungsspindel, dunkles Kernkörperchen, das hellere Bläschen der Spermakopf.

Fig. 12. Endstadium der II. Richtungsmitose.

Fig. 13. Bläschenform der Geschlechtskerne, dunkles Kernkörperchen.

Fig. 14, 15, 16. Am Spermakern nach innen zu radiäre Anordnung der Körnchen, die ein homogenes Feld umgeben, mitten in diesem Feld ein (in Fig. 14 zwei) Körnchen (Centrosomen).

Fig. 17. Zwischen den beiden Geschlechtskernen eine Strahlenfigur mit Centrosoma.

Fig. 18. Die beiden Geschlechtskerne berühren sich, sie sind nur angeschnitten, vor ihnen eine Strahlensonne mit Centrosoma, zwei Kernkörperchen in der Plasmamasse.

Fig. 19. Horizontalschnitt, die Geschlechtskerne mit ihrer Berührungsfläche verschmolzen, in der Copulationsebene beiderseits Strahlenfigur mit Centrosoma.

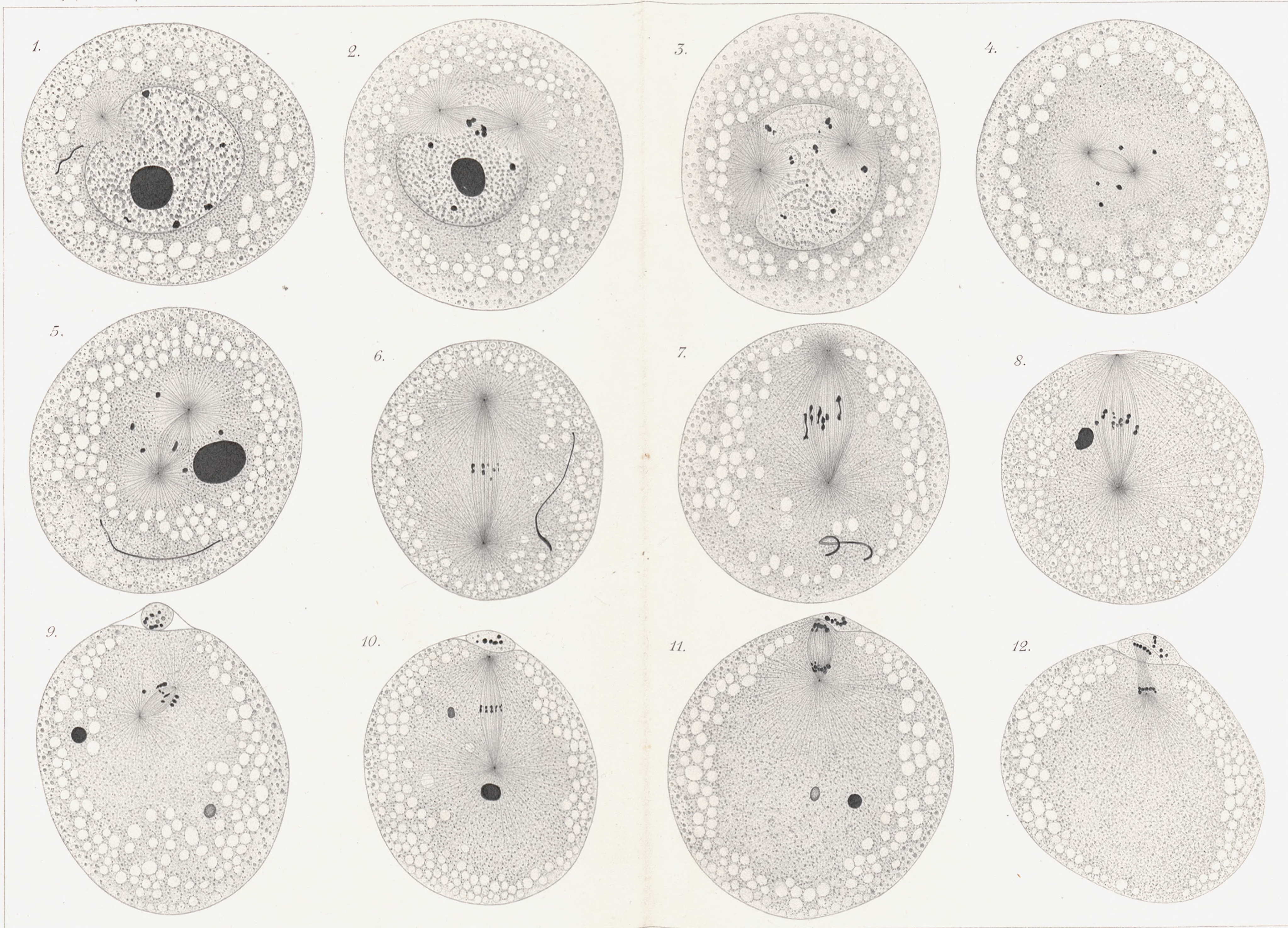
Fig. 20. I. Furchungsspindel (Centralspindel), die Geschlechtskerne in einzelne Chromosomen aufgelöst. Das Kernkörperchen gegen den vegetativen Pol verdrängt.

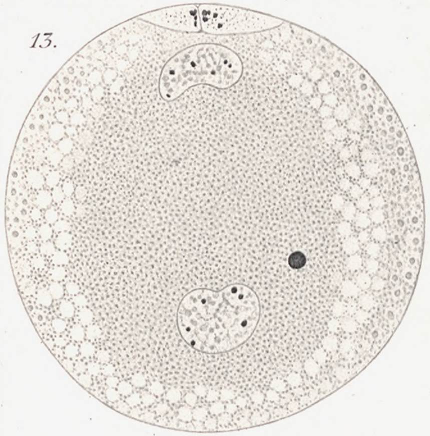
Fig. 21. Horizontalschnitt. I. Furchungsspindel.

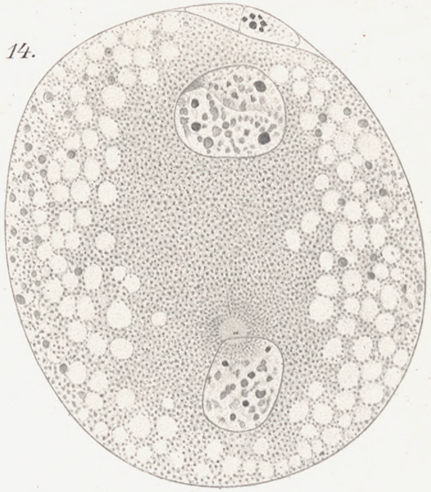
Fig. 22. Diasterstadium, an einem Pol (links) zwei Centrosomen, Vorbereitung zur nachfolgenden Mitose, nach unten von der chromatischen Figur links zwei Kernkörperchen.

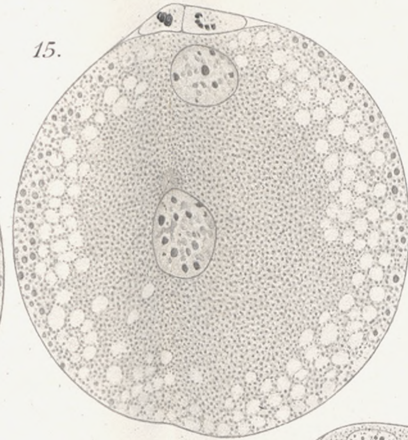
Fig. 23. Spätes Diasterstadium, Beginn der Einschnürung der Zelle (vergl. Text), im Dottersack Kernkörperchen des Keimbläschens.

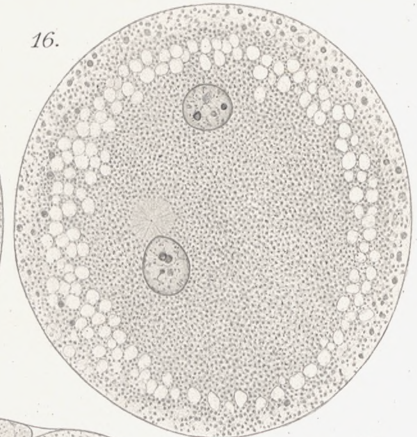
Fig. 24, 25. Die beiden ungleich grossen ersten Furchungszellen, Zwischenkörper mit Ueberresten der Centralspindelfibrillen, in dem mit der grösseren Zelle verbundenen Dottersack Kernkörperchen.

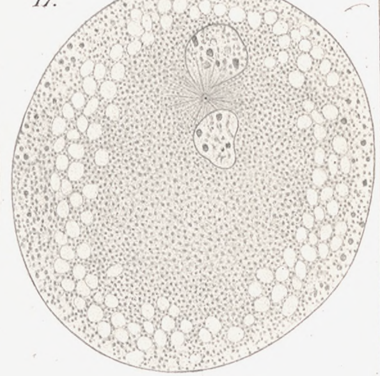

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.

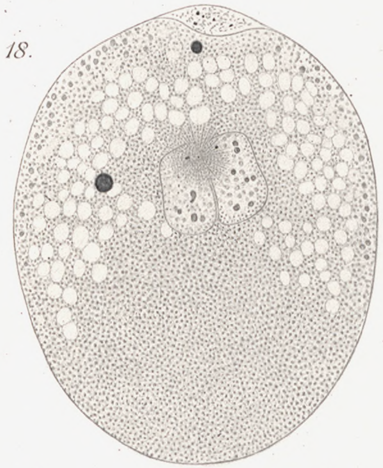
13.


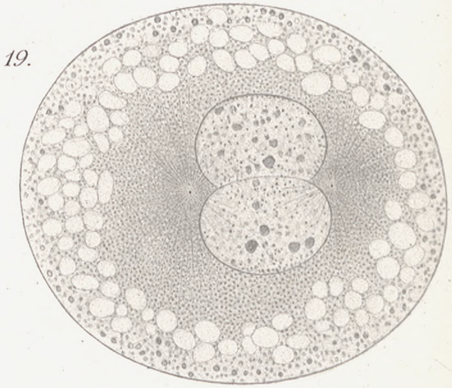
14.


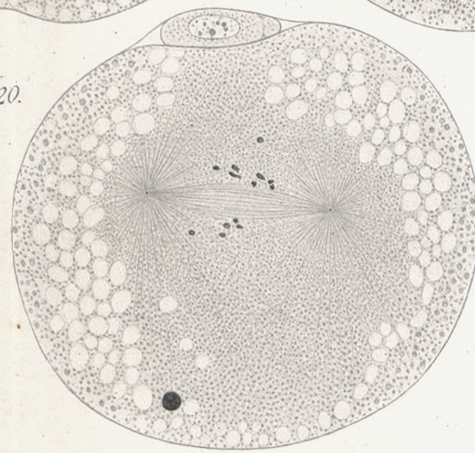
15.


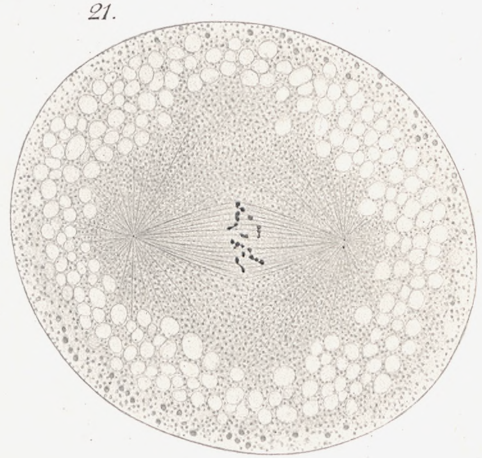
16.


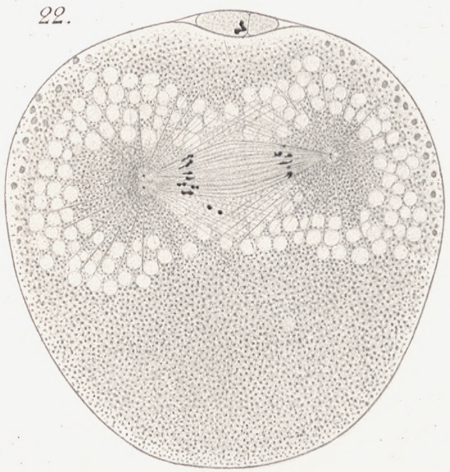
17.


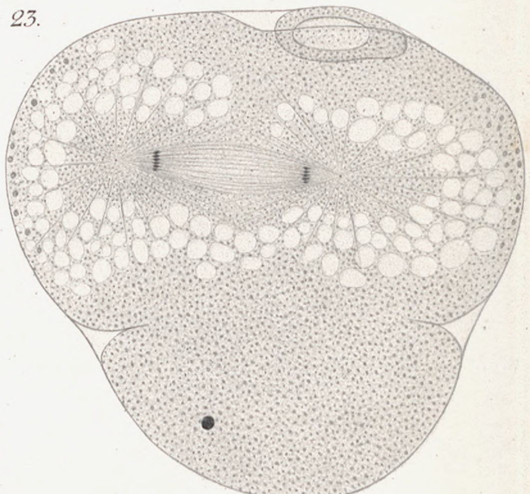
18.


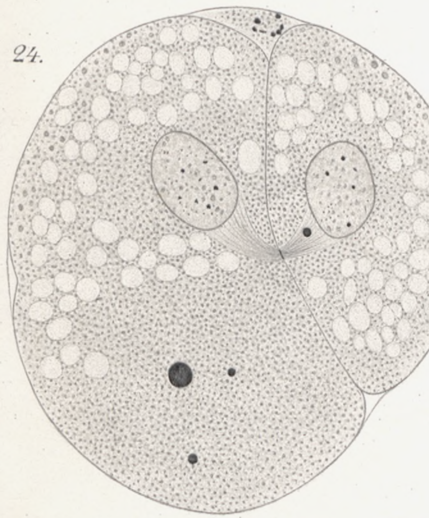
19.


20.


21.


22.


23.


24.


25.


J. Barącz del. Lith. Anst. v. Werner & Winter, Frankfurt a/M.

VERITAS